

Tugas Akhir

“PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR PADA LABORATORIUM SISTEM TENAGA DAN BENGKEL JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI MANADO”

*Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk
menyelesaikan pendidikan Diploma IV Teknik Elektro*

Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Manado

Oleh :

GILBERT FERNANDO LASUT

11 023 025



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

POLITEKNIK NEGERI MANADO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

2015

HALAMAN PENGESAHAN

**“PERENCANAAN SISTEM PENANGKAL PETIR PADA
LABORATORIUM SISTEM TENAGA DAN BENGKEL JURUSAN
TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI MANADO”**

OLEH:

Gilbert Fernando Lasut

11 023 025

*Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk
Menyelesaikan pendidikan Diploma IV Teknik Elektro Program Studi*

Teknik Listrik

Politeknik Negeri Manado

Manado, 09 September 2015

Menyetujui:

Ketua Panitia Tugas Akhir,

Dosen Pembimbing,

Fanny J. Doringin, ST, MT.

Donald B. Noya, SST, MT.

NIP. 19670430 199203 1 003

NIP. 19730331 200501 1 001

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Ir. Jusuf Luther Mappadang, MT

NIP. 19610601 199003 1 002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena atas berkat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan segala baik. Adapun tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi studi Diploma IV Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado.

Dalam penyusunan tugas akhir ini begitu banyak tantangan dan rintangan yang dihadapi namun berkat bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan segala baik.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Ir Jemmy J. Rangan, MT selaku Direktur Politeknik Negeri Manado,
2. Bapak Ir Jusuf L. Mappadang, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro,
3. Bapak Sonny Kasenda, MT sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro,
4. Ibu Maureen Langie, ST, MPd sebagai Ketua Program Studi Diploma IV Teknik Listrik,
5. Bapak Donald B. Noya, SST, MT sebagai dosen pembimbing skripsi,
6. Bapak Fanny J. Doringin, ST, MT, selaku Ketua Panitia Tugas Akhir,
7. Bapak Muchdar D. Patabo, ST, MT selaku Sekretaris Panitia Tugas Akhir,
8. Bapak I Gede Para Atmaja, ST, MT, sebagai dosen yang membantu penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini,
9. Seluruh dosen dan pegawai jurusan Teknik Elektro,
10. Untuk Mama, dan semua kakak-kakak yang terus mendukung secara moril, doa dan juga dana,
11. Marleen V. Ch Kisbandy untuk setiap pendampingan dan doa,
12. Untuk teman-teman dan juga senior, khususnya Aco, Nale, Rian, juga Tia, Opo, Iki dan Egen juga seluruh teman-teman Teknik Listrik DIV Angkatan 2011
13. Untuk semua yang turut membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu, biar Tuhan Yesus yang membalas setiap kebaikan kalian.

Dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis berbesar hati memohon kritikan dan saran yang membangun guna pengembangan ilmu bersama.

Akhir kata, semoga penulisan tugas akhir ini boleh berfaedah bagi kita sekalian, dan juga untuk mengembangkan pendidikan di PoliteknikNegeri Manado.

Manado, Agustus 2015,

Penulis

ABSTRAK

Petir adalah gejala alam yang tidak dapat diduga, terlebih khusus untuk daerah dengan curah hujan tinggi. Khusus untuk Politeknik Negeri Manado, Jurusan Teknik Elektro di Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel pada mulanya memiliki sistem penangkal petir, namun sekarang tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Mengingat betapa pentingnya proteksi untuk melindungi manusia juga peralatan elektronik didalamnya maka penting untuk mengintsalasi kembali sistem penangkal petirnya.

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui kebutuhan proteksi petir dari Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro, mengetahui, merencanakan dan membuat sistem penangkal petir dan kemudian menganalisa sistem tahanan tanah untuk sistem penangkal petir tersebut.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, digunakan metode Studi Pustaka, dan dilanjutkan dengan perencanaan serta pengerjaan Sistem Penangkal Petir ini, dan diikuti analisa Tahanan Tanah pada sistem pentanahannya. Dan dikerjakan selama 2 bulan sejak bulan Juli hingga Agustus 2015 bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro.

Dan dari hasil perencanaan dan pembuatan sistem penangkal petir ini didapati hasil seperti berikut : sistem penangkal petir ini merupakan jenis Penangkal Elektrostatis dengan head terminal merek Kurntipe R120-150, Kabel konduktor yang digunakan adalah tipe AAC 50mm^2 dengan pertimbangan perhitungan luasan konduktor minimum adalah $46,90\text{mm}^2$ dan steek road yang digunakan adalah jenis tiang tembaga diameter $\frac{3}{4}$ inci dengan panjang 2 meter. Dan dari hasil pengukuran menggunakan *earth resistance tester* tahanan tanah didapat nilai tahanan tanah sebesar 11,39 ohm. Dan agar tahanan tanah tersebut bisa memenuhi syarat yaitu $< 1\text{ohm}$ disarankan untuk membuat sistem pentanahan dengan tambahan steek road yang disusun secara parallel sebanyak 12 steek agar didapat nilai tahanan tanah 0,94ohm.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Petir.....	4
2.1.1 Proses Terjadinya Petir.....	7
2.1.2 Mekanisme Induksi Petir.....	8
2.1.3 Bahaya Sambaran Petir.....	10
2.1.4 Efek Sambaran Petir	12
2.1.5 Kebutuhan Proteksi Petir.....	14
2.2 Sistem Penangkal Petir	17
2.2.1 Jenis-jenis Sistem Penangkal Petir	18
2.2.2 Perbedaan Sistem Penangkal Petir Konvensional dan Penangkal Petir Elektrostatik	21
2.2.3 Jenis-jenis <i>Down Conductor</i>	25
2.3 Penangkal Petir Elektrostatik KURN R120-150.....	26
2.3.1 Teori Dasar Penangkal Elektrostatik	26
2.4 Sistem Pentanahan.....	27
2.4.1 Teori Dasar Sistem Pentanahan.....	26

2.4.2 Karakteristik Sistem Pentanahan Yang Efektif	35
2.4.3 Alat Ukur Resistansi/ <i>Earth Grounding Tester</i>	37
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Jenis Penelitian	41
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	41
3.3 Metode Pengumpulan Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Kebutuhan Proteksi Petir.....	43
4.2 Pemasangan Sistem Penangkal Petir Elektrostatis KURN R120-150 ...	44
4.3 Pengukuran Tahanan Tanah.....	45
4.4 Analisa Perhitungan Sistem Pentanahan Paralel.....	47
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indeks A :Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan.....	14
Tabel 2.2 Indeks B :Bahaya Berdasarkan Kontruksi Bangunan	15
Tabel 2.3 Bahaya berdasarkan Konstruksi Tinggi Bangunan.....	16
Tabel 2.4 Bahaya berdasarkan Situasi Bangunan	16
Tabel 2.5 Indeks A berdasarkan Hari Guruh	39
Tabel 2.6 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir.....	17
Tabel 2.7 Perbedaan Sistem Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatis.....	23
Tabel 2.8 Nilai Tahanan Jenis Tanah.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kopling Resistif	9
Gambar 2.2 Kopling Induktif.....	9
Gambar 2.3 Sambaran Petir Terhadap Manusia	10
Gambar 2.4 Penangkal Petir Konvensional	18
Gambar 2.5 Head Terminal penangkal petir Elektrostatik	21
Gambar 2.6 Pemasangan Splitzer Untuk Penangkal Petir Konvensional	22
Gambar 2.7 Sistem Perlindungan Penangkal Elektrostatik	23
Gambar 2.8 Komponen Penangkal Petir KURN R120-150.....	26
Gambar 2.9 Single Grounding Rod.....	30
Gambar 2.10 Paralel Grounding Rod.....	30
Gambar 2.11 Multi Grounding System.....	32
Gambar 2.12 Desain Sistem Pentanahan (<i>Grounding System</i>)	35
Gambar 4.1 Rangkaian Pengukuran Tahanan dengan Metode 3 Titik	45
Gambar 4.2 <i>Earth Resistance Tester tipe SEW Standart 2120 ER</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Petir merupakan salah satu gejala alam yang tidak terduga, dan tidak dapat dihindari. Terlebih untuk daerah dengan curah hujan sedang maupun tinggi, harus waspada dan mengantisipasi resiko yang mungkin terjadi apabila petir menyambar. Dan oleh karena kita harus meminimalisir resiko kerusakan akibat sambaran petir maka penting untuk memasang instalasi penangkal petir yang baik. Sedangkan gedung-gedung yang memiliki sistem penangkal petir namun rusak perlu diinstalasi kembali untuk keamanan masyarakat sekitar.

Khusus untuk kita yang ada di wilayah Sulawesi Utara, khususnya Manado harus waspada karena berdasarkan pernyataan Kepala Bidang Peringatan Dini Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika pada awal tahun 2015 ini curah hujan dan resiko untuk terjadi sambaran petir akan semakin meningkat sekarang ini.

Akibat sambaran petir dapat menyebabkan kerusakan mekanis, kerusakan thermal dan kerusakan elektrik. Yang paling parah dari semuanya itu, sambaran petir juga dapat mengakibatkan korban jiwa.

Melihat besarnya resiko dan dampak yang bisa ditimbulkan oleh sambaran petir, maka dalam perencanaan suatu bangunan gedung, sudah seharusnya direncanakan sistem penangkal petir sebagai salah satu bagian dari bangunan tersebut, apalagi untuk bangunan tinggi atau bangunan publik misalnya tempat kegiatan perkuliahan berlangsung.

Sebagaimana yang telah dibahas di atas bahwa gedung-gedung tinggi dan tempat umum harusnya memiliki sistem penangkal petir, Politeknik Negeri Manado khususnya Laboratorium Sistem Tenaga Listrik dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro juga memiliki system penangkal petir. Namun oleh satu dan lain hal, sistem penangkal petir yang ada tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya

lagi. Mengingat pentingnya sistem penangkal petir ini untuk melindungi begitu banyaknya peralatan elektronik maupun instalasi dan orang-orang yang beraktifitas didalam Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro tersebut, maka dirasa penting untuk mengadakan kembali sistem penangkal petir yang dapat berfungsi dengan baik.

Dilatarbelakangi hal inilah sehingga penulis mengangkat judul “Perencanaan Sistem Penangkal Petir pada Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado” sebagai judul tugas akhir yang disusun.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka penulis merumuskan masalah yang akan diteliti dan diuji sebagai berikut :

- Bagaimana menentukan tingkat proteksi petir berdasarkan PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir)?
- Bagaimana penerapan sistem penangkal petir?
- Bagaimana menentukan sistem pentanahan yang memenuhi syarat sesuai PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir)?

1.3 Pembatasan Masalah

Sesuai dengan judul pada penulisan Tugas Akhir ini, yaitu Perencanaan Sistem Penangkal Petir pada Laboratorium Politeknik Negeri Manado di Jurusan Teknik Elektro, maka pada penyusunan Tugas ini pembahasannya hanya dibatasi untuk :

- Sistem penangkal petir ini hanya dibuat untuk bangunan laboratorium sistem tenaga dan bengkel jurusan teknik elektro Politeknik Negeri Manado;
- Jenis sistem penangkal petir menggunakan penangkal petir elektrostatik;
- Jenis sistem pentanahannya adalah menggunakan steek.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari penelitian ini beberapa tujuan yang hendak dicapai antara lain:

- Menganalisa dan mengetahui tingkat kebutuhan proteksi petir pada bangunan Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro.
- Mengetahui cara merencanakan dan membuat sistem penangkal petir.
- Mengetahui dan membandingkan hasil pengukuran tahanan tanah terhadap standart menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir, kemudian mendapatkan nilai tahanan tanah yang sesuai

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah tujuan diatas tercapai, maka manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro akan memiliki sistem penangkal petir yang tertata secara jelas;
- Membantu jurusan Teknik Elektro secara khusus bagian Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel dalam perencanaan sistem pentanahan;
- Mengetahui cara kerja penangkal petir dan merancang sistem instalasi penangkal petir;
- Serta mengetahui sistem pentanahan yang cocok dan memenuhi syarat untuk Sistem Penangkal Petir di Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Petir

Penangkal petir adalah sebuah batang logam atau konduktor yang dipasang di atas gedung dan pada perangkat listrik yang terhubung ke tanah melalui kawat, untuk melindungi bangunan pada saat terjadi petir. Sebuah batang logam, yang lebih tinggi dari gedung, dipasang di dinding bangunan. Salah satu ujung batang kawat ini berada di luar atap bangunan dan yang lainnya terkubur di dalam tanah. Jika petir menyambar bangunan itu, maka secara langsung petir akan menyambar pada kawat batang logam, kemudian petir akan melewati kawat menuju tanah, sehingga potensial listrik dari petir dapat dinetralkan.

Penangkal petir adalah salah satu komponen di dalam sistem perlindungan dari petir. Selain itu, penangkal petir ditempatkan sesuai struktur pada bagian tertinggi dari bangunan. Sistem perlindungan dari petir biasanya mencakup hubungan antar konduktor logam pada atap, jalur konduktor logam dari atap ke tanah, koneksi ikatan objek logam dalam struktur dan jaringan landasan. Bagian atap penangkal petir terdiri dari strip logam atau batang, biasanya dari tembaga atau aluminium. Sistem perlindungan dari petir dipasang pada bangunan, pohon, monumen, jembatan atau kapal layar untuk melindungi dari bahaya petir. Penangkal petir kadang-kadang disebut finial atau terminal udara. Penangkal petir pertama kali diciptakan oleh Benjamin Franklin di Amerika pada 1749 dan dikembangkan oleh Prokop divis di Eropa pada 1754.

Sebagai sebuah bangunan yang tinggi, petir menjadi lebih dari sebuah ancaman. Petir dapat merusak struktur yang terbuat dari bahan, seperti batu, kayu, beton dan baja yang dapat mengalirkan arus listrik yang tinggi dari petir sehingga dapat memanaskan bahan dan akan menyebabkan potensi kebakaran atau kerusakan berbahaya lainnya.

Beberapa konduktor petir paling kuno ditemukan di Sri Lanka di tempat-tempat seperti Kerajaan Anuradhapura yang ada pada ribuan tahun lalu. Raja-raja Sinhala, yang menguasai pembangunan stupa dan struktur bangunan canggih, memasang ujung logam yang terbuat dari perak atau tembaga pada titik tertinggi dari setiap bangunan untuk menangkap muatan petir. Di berbagai belahan dunia, monumen Buddha kuno telah hancur oleh sambaran petir, tapi tidak di Sri Lanka.

Sebuah konduktor petir mungkin telah sengaja digunakan di Menara Miring Nevyansk, Rusia. Puncak dari menara-menara dimahkotai dengan batang logam dalam bentuk bola dengan paku di atasnya. Penangkal petir ini didasarkan melalui bangkai rebar, yang menembus seluruh bangunan. Menara Nevyansk dibangun antara tahun 1725 dan 1732, atas perintah industrialis Akinfiy Demidov. Menara Nevyansk dibangun 25 tahun sebelum percobaan Benjamin Franklin dan penjelasan ilmiah. Namun, maksud sebenarnya di balik atap logam dan baja tulangan tetap tidak diketahui.

Di Amerika Serikat, batang konduktor petir runcing, juga disebut "penarik petir" atau "Franklin rod," diciptakan oleh Benjamin Franklin pada 1749 sebagai bagian dari eksplorasi terobosan tentang listrik. Meski bukan yang pertama yang menunjukkan hubungan antara listrik dan petir, Franklin adalah orang pertama yang mengusulkan sistem yang bisa diterapkan untuk pengujian hipotesis. Franklin berspekulasi bahwa, dengan sebuah batang besi yang semakin tajam pada ujungnya, "Saya pikir api listrik akan ditarik diam-diam keluar dari awan, sebelum ia datang cukup dekat untuk menyerang"

Pada abad ke-19, penangkal petir menjadi motif dekoratif. Penangkal petir yang dihiasi dengan bola kaca hias. Daya tarik hias dari bola-bola kaca telah digunakan pada baling-baling cuaca. Tujuan utama dari bola adalah untuk mengetahui adanya sambaran petir dengan hancurnya bola atau jatuhnya bola. Jika setelah badai bola ditemukan hilang atau rusak, pemilik properti harus mengecek bangunan, batang, dan landasan kawat dari kerusakan.

Bola kaca padat kadang-kadang digunakan dalam metode untuk mencegah sambaran petir pada kapal dan objek lain. Idennya adalah bahwa benda-benda berkaca, yang non-konduktor, jarang tersambar petir. Oleh karena itu, dengan

dasar teori itu, harus ada sesuatu yang bersifat kaca yang dapat mencegah sambaran petir. Oleh karena itu, metode terbaik untuk mencegah sambaran petir pada kapal kayu adalah dengan mengubur bola kaca kecil padat di ujung tertinggi pada tiang kapal. Perilaku petir yang berbeda-beda dikombinasikan dengan bias konfirmasi pengamat menyimpulkan bahwa metode yang diperoleh dapat dipercaya bahkan telah ada pengembangan penangkal petir di laut setelah eksperimen awal Franklin.

Ada beberapa definisi petir diantaranya:

- Petir adalah peristiwa alam yang sering terjadi di bumi, terjadinya seringkali mengikuti peristiwa hujan baik air atau es, peristiwa ini dimulai dengan munculnya awan hitam dan lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang kearah bumi bagaikan sulur akar dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup.
- Petir merupakan gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan dimana di langit muncul kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan dan beberapa saat kemudian disusul oleh suara yang menggelegar.
- Petir adalah salah satu kejadian alam yang sangat indah. Petir juga merupakan fenomena alam akan ancaman kematian bagi manusia. Dengan temperatur sambaran melebihi panas permukaan matahari dan kekuatan benturan yang menyebar ke segala arah, petir merupakan pelajaran kejadian fisik ilmiah.

Proses terjadinya petir akibat perpindahan muatan negatif (*elektron*) menuju ke muatan positif (*proton*). Para ilmuwan menduga ada beberapa tahapan kejadian sebelum terjadinya petir. Pertama adalah penempatan muatan listrik pada awan bersangkutan. Umumnya, akan menumpuk di bagian paling atas awan adalah listrik muatan negatif, di bagian tengah adalah listrik bermuatan positif, sementara di bagian dasar adalah muatan negatif yang berbaaur dengan muatan positif, pada bagian inilah petir biasa berlontaran. Petir dapat terjadi antara awan dengan awan, dalam awan itu sendiri, antara awan dan udara, antara awan dengan tanah (bumi).

Ada juga yang mengatakan bahwa Petir terjadi karena adanya perbedaan potensial antara awan dan bumi. Proses terjadinya muatan pada awan karena pergerakannya yang terus menerus secara teratur, dan selama pergerakan itu dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negative akan berkumpul pada salah satu sisi, dan muatan positif pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (electron) untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses ini, media yang dilalui electron adalah udara, dan pada saat electron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah akan terjadi ledakan suara yang menggelegar. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena adanya awan yang bermuatan positif dan negatif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.

2.1.1 Proses Terjadinya Petir

Pada dasarnya petir dan kilat terjadi pada waktu yang bersamaan, tetapi karena kecepatan cahaya lebih cepat dari pada kecepatan bunyi sehingga mengakibatkan yang pertama tampak adalah kilat/cahaya, baru kemudian disusul dengan bunyi halilintar atau yang biasa kita sebut dengan petir.

Terdapat dua teori tentang proses terjadinya petir yaitu:

1. Proses Ionisasi
2. Proses Gesekan Antar Awan

1. Proses Ionisasi

Sambaran petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*Electrical Discharge*) yang terjadi diatmosfer. Hal ini disebabkan oleh terkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan kejadian Ionisasi ini disebabkan oleh

perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan perubahan padat (es) menjadi cair.

Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang disebut petir.

Harus diingat bahwa ionisasi bukan berarti bahwa lebih banyak ion negatif atau ion positif dibanding sebelumnya. Tapi Ionisasi ini berarti bahwa electron dan ion positif terpisah sangat jauh dibanding bentuk molekul sebelumnya atau bentuk struktur atomic. Intinya electron electron telah terbongkar dari struktur molekuler dari udara yang tidak terionisasi.

2. Proses Gesekan Antar Awan

Pada awalnya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses Bergeraknya awan ini maka saling bergesekan satu dengan yang lainnya, dari proses ini terlahir electron-electron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa di simulasikan secara sederhana pada sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas.

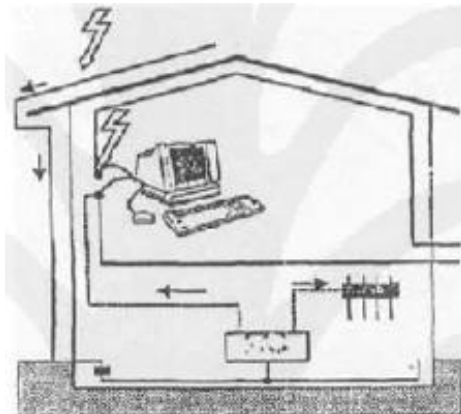
Pada suatu saat awan ini akan terkumpul di sebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena electron-elektron bebas ini saling menguatkan satu dengan lainnya. Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi. kedua teori ini mungkin masuk akal meski kejadian sebenarnya masih merupakan sebuah misteri.

2.1.2 Mekanisme Induksi Petir

Mekanisme induksi karena secara tidak langsung sambaran petir menyebabkan kenaikan potensial pada peralatan elektronik, hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor, diantaranya adalah:

a. Kopling Resistif

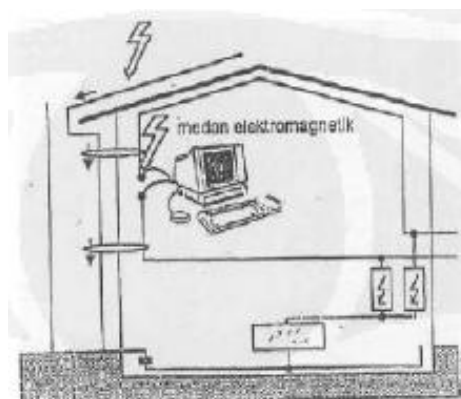
Ketika permukaan struktur bangunan terkena sambaran petir, arus petir yang mengalir kedalam tanah membangkitkan tegangan yang bisa mencapai ribuan volt diantara tegangan supply 220 V, jaringan data dan pentanahan. Hal ini menyebabkan sebagian arus mengalir pada bagian penghantar luar misalnya kabel yang terhubung dengan bangunan dan terus menuju ke grounding.



Gambar 2.1 Kopling Resistif

b. Kopling Induktif

Arus petir mengalir dalam suatu penghantar akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini akan berhubungan dengan penghantar lainnya sehingga menyebabkan terjadinya loop tegangan dengan nilai tegangan yang cukup tinggi.



Gambar 2.2 Kopling Induktif

c. Koping Kapasitif

Saluran petir dekat sambaran petir dapat menyebabkan medan kapasitif yang tinggi pada peralatan penghantar seperti suatu kapasitor yang sangat besar dengan udara sebagai dielektriknya. Melalui cara ini terjadi kenaikan tegangan tinggi pada kabel meskipun struktur bangunan tidak terkena sambaran langsung.

2.1.3 Bahaya Sambaran Petir

a. Bahaya Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia, maka organ-organ tubuh yang dilalui oleh aliran tersebut akan mengalami kejutan (shock). Arus tersebut dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung. Selain itu, efek rangsangan dan panas akibat arus petir pada organ-organ tubuh dapat juga melumpuhkan jaringan-jaringan / otot-otot bahkan bila energinya besar dapat menghanguskan tubuh manusia.

Perlu diketahui, yang menyebabkan kematian sambaran tidak langsung, karena di sekitar titik / tempat yang terkena sambaran akan terdapat muatan listrik dengan kerapatan muatan yang besar dimana muatan itu akan menyebar di dalam tanah dengan arah radial.



Gambar 2.3 Sambaran Petir Terhadap Manusia

1. Tegangan sentuh
2. Sambaran tidak langsung
3. Sambarang langsung
4. Side Flash
5. Tegangan langkah

b. Sambaran Petir Langsung Melalui Bangunan

Sambaran petir yang langsung mengenai struktur bangunan rumah, kantor dan gedung, tentu saja hal ini sangat membahayakan bangunan tersebut beserta seluruh isinya karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan perangkat elektrik/elektronik atau bahkan korban jiwa. Maka dari itu setiap bangunan diwajibkan memasang instalasi penangkal petir. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang terminal penerima sambaran petir serta instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standart yang telah di tentukan. Terlebih lagi jika sambaran petir langsung mengenai manusia, maka dapat berakibat luka atau cacat bahkan dapat menimbulkan kematian. Banyak sekali peristiwa sambaran petir langsung yang mengenai manusia dan biasanya terjadi di areal terbuka.

c. Sambaran Petir Melalui Jaringan Listrik

Bahaya sambaran ini sering terjadi, petir menyambar dan mengenai sesuatu di luar area bangunan tetapi berdampak pada jaringan listrik di dalam bangunan tersebut, hal ini karena sistem jaringan distribusi listrik/PLN memakai kabel udara terbuka dan letaknya sangat tinggi, bilamana ada petir yang menyambar pada kabel terbuka ini maka arus petir akan tersalurkan ke pemakai langsung. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang perangkat arrester sebagai pengaman tegangan lebih (*over voltage*). Instalasi surge arrester listrik ini dipasang harus dilengkapi dengan grounding system.

d. Sambaran Petir Melalui Jaringan Telekomunikasi

Bahaya sambaran petir jenis ini hampir serupa dengan yang ke-2 akan tetapi berdampak pada perangkat telekomunikasi, misalnya telepon dan PABX. Penanganannya dengan cara pemasangan arrester khusus untuk jaringan PABX yang di hubungkan dengan grounding. Bila bangunan yang akan di lindungi mempunyai jaringan internet yang koneksinya melalui jaringan telepon maka alat ini juga dapat melindungi jaringan internet tersebut.

Pengamanan terhadap suatu bangunan atau objek dari sambaran petir pada prinsipnya adalah sebagai penyedia sarana untuk menghantarkan arus petir yang mengarah ke bangunan yang akan kita lindungi tanpa melalui struktur bangunan yang bukan merupakan bagian dari sistem proteksi petir atau instalasi penangkal petir, tentunya harus sesuai dengan standart pemasangan instalasinya.

2.1.4 Efek Sambaran Petir

a. Efek Listrik

Ketika arus petir melalui kabel penyalur (*konduktor*) menuju resistansi elektroda bumi instalasi penangkal petir, akan menimbulkan tegangan jatuh resistif, yang dapat dengan segera menaikkan tegangan sistem proteksi kesuatu nilai yang tinggi dibanding dengan tegangan bumi. Arus petir ini juga menimbulkan gradien tegangan yang tinggi disekitar elektroda bumi, yang sangat berbahaya bagi makluk hidup. Dengan cara yang sama induktansi sistem proteksi harus pula diperhatikan karena kecuraman muka gelombang pulsa petir. Dengan demikian tegangan jatuh pada sistem proteksi petir adalah jumlah aritmatik komponen tegangan resistif dan induktif

b. Efek Tegangan Tembus - Samping

Titik sambaran petir pada sistem proteksi petir bisa memiliki tegangan yang lebih tinggi terhadap unsur logam didekatnya. Maka dari itu akan dapat menimbulkan resiko tegangan tembus dari sistem proteksi petir yang telah terpasang menuju struktur logam lain. Jika tegangan tembus ini terjadi maka sebagian arus petir akan merambat melalui bagian internal struktur logam seperti pipa besi dan kawat. Tegangan tembus ini dapat menyebabkan resiko yang sangat berbahaya bagi isi dan kerangka struktur bangunan yang akan dilindungi

c. Efek Termal

Dalam kaitannya dengan sistem proteksi petir, efek termal pelepasan muatan petir adalah terbatas pada kenaikan temperatur konduktor yang dilalui

arus petir. Walaupun arusnya besar, waktunya adalah sangat singkat dan pengaruhnya pada sistem proteksi petir biasanya diabaikan. Pada umumnya luas penampang konduktor instalasi penangkal petir dipilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan temperatur 1 derajat celcius.

d. Efek Mekanis

Apabila arus petir melalui kabel penyalur paralel (*konduktor*) yang berdekatan atau pada konduktor dengan tekukan yang tajam akan menimbulkan gaya mekanis yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan ikatan mekanis yang cukup kuat. Efek mekanis lain ditimbulkan oleh sambaran petir yang disebabkan kenaikan temperatur udara yang tiba-tiba mencapai 30.000 K dan menyebabkan ledakan pemuatan udara disekitar jalur muatan bergerak. Hal ini dikarenakan jika konduktivitas logam diganti dengan konduktivitas busur api listrik, energi yang timbul akan meningkatkan sekitar ratusan kali dan energi ini dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi.

e. Efek Kebakaran Karena Sambaran Langsung

Ada dua penyebab utama kebakaran bahan yang mudah terbakar karena sambaran petir, pertama akibat sambaran langsung pada fasilitas tempat penyimpanan bahan yang mudah terbakar. Bahan yang mudah terbakar ini mungkin terpengaruh langsung oleh efek pemanasan sambaran atau jalur sambaran petir. Kedua efek sekunder, penyebab utama kebakaran minyak. Terdiri dari muatan terkurung, pulsa elektrostatis dan elektromagnetik dan arus tanah

f. Efek Muatan Terjebak

Muatan statis ini di induksikan oleh badai awan sebagai kebalikan dari proses pemuatan lain. Jika proses netralisasi muatan berakhir dan jalur sambaran sudah netral kembali, muatan terjebak akan tertinggal pada benda yang terisolir dari kontak langsung secara listrik dengan bumi, dan pada bahan bukan konduktor

seperti bahan yang mudah terbakar. Bahan bukan konduktor tidak dapat memindahkan muatan dalam waktu singkat ketika terdapat jalur sambaran.

2.1.5 Kebutuhan Proteksi Sambaran Petir

Suatu instalasi proteksi petir harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Berikut ini akan dibahas cara penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) Besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan.

Indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R = A + B + C + D + E$$

dimana :

R = Perkiraan Bahaya Petir

A = Penggunaan dan Isi Bangunan

B = Konstruksi Bangunan

C = Tinggi Bangunan

D = Situasi Bangunan

E = Pengaruh Kilat

Tabel 2.1 Indeks A berdasarkan jenis bangunan

PENGGUNAAN DAN ISI	INDEKS A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10

Bangunan dan isinya jarang digunakan, misalnya dengan di tengah sawah atau lading, menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi perakatan sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, industry kecil, dan station kereta api	1
Bangunan atau isinya yang cukup penting misalnya menara air, tokoh barang-barang berharga dan kantor pemerintahan	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang misalnya bioskop, sekolah, sarana ibadah dan monument bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya misalnya instalasi nuklir.	15

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 17

Tabel 2.2 Indeks B: Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan

KONSTRUKSI BANGUNAN	INDEKS B
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan arus listrik	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 18

Tabel 2.3 Indeks C : Bahaya berdasarkan konstruksi tinggi bangunan

Tinggi Bangunan (m)	INDEKS C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
75	7
100	8
140	9
200	10

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 19

Tabel 2.4 Indeks D : Bahaya berdasarkan situasi bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau pegunungan sampai 1000m	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih tinggi dari 1000m	2

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 19

Tabel 2.5 Indeks E : Bahaya berdasarkan hari guruh

Hari guruh per tahun	Indeks E
6	0
12	2
17	3

25	4
35	5
50	6
70	7
100	8

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 19

Dengan memperhatikan keadaan di tempat yang hendak di cari resikonya dan kemudian menjumlahkan indeks - indeks tersebut di peroleh suatu perkiraan bahaya yang di tanggung bangunan dan tingkat yang harus di terapkan. Di bawah ini adalah tabel Perkiraan bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUPP.

Berdasarkan PUIPP, perkiraan bahaya petir adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak perlu
Sama dengan 12	Sedang	Dianjurkan
Sama dengan 13	Agak besar	Dianjurkan
Sama dengan 14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat perlu

sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia. Hal 19

2.2 Sistem Penangkal Petir

Penangkal Petir atau Anti Petir adalah istilah yang sudah keliru dalam bahasa kita, kesan yang ditimbulkannya dua istilah ini adalah aman 100 % dari bahaya petir, akan tetapi pada kenyataannya tidak demikian. Dalam penanganan bahaya petir memang ada beberapa faktor yang sangat mempengaruhi, bilamana

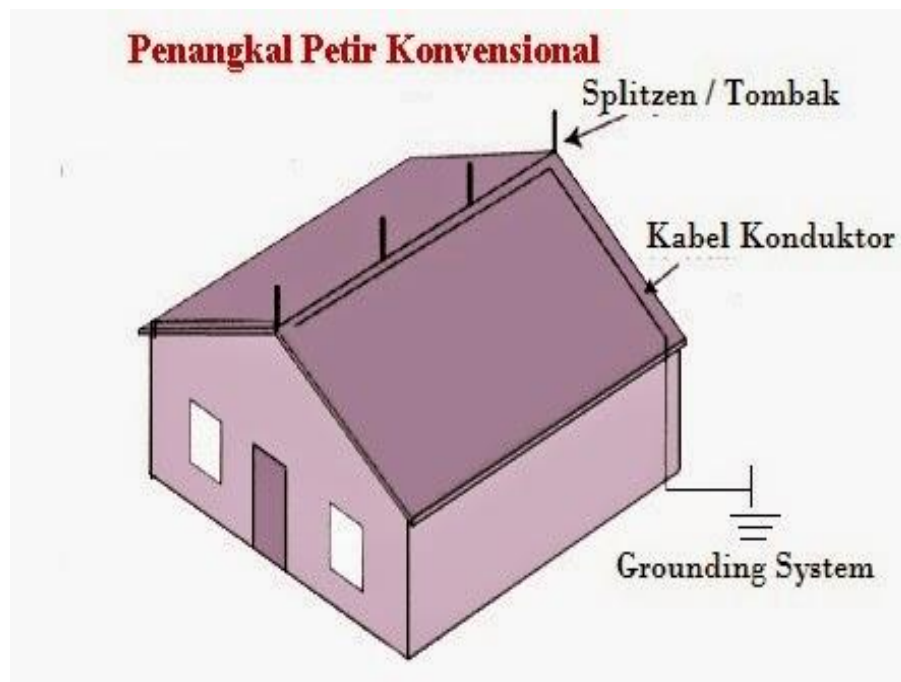
kita ingin mencari solusi total akan bahaya petir maka kita harus mempertimbangkan faktor tersebut.

Sambaran petir tidak langsung pada bangunan yaitu petir menyambar di luar areal perlindungan dari instalasi penangkal petir yang telah terpasang, kemudian arus petir ini merambat melalui instalasi listrik, kabel data atau apa saja yang mengarah ke bangunan, akhirnya arus petir ini merusak unit peralatan listrik dan elektronik di dalam bangunan tersebut. Masalah ini semakin runyam karena peralatan elektronik menggunakan tegangan kecil, DC yang sangat sensitif.

Pada dasarnya system pengamanan sambaran petir langsung bukan membuat posisi kita aman 100 % dari petir melainkan membuat posisi bangunan kita terhindar dari kerusakan fatal akibat sambaran langsung serta mengurangi dampak kerusakan peralatan listrik dan elektronik bila ada sambaran petir yang mengenai bangunan kita.

2.2.1 Jenis-jenis Sistem Penangkal Petir

1. Penangkal Petir Konvensional / Faraday / Franklin



Gambar 2.4 Penangkal Petir Konvensional

Kedua ilmuwan tersebut Faraday dan Franklin menjelaskan system yang hampir sama, yakni system penyalur arus listrik yang menghubungkan antara bagian atas bangunan dan grounding, sedangkan system perlindungan yang di hasilkan ujung penerima/splitzer adalah sama pada rentang 30 - 40 derajat. Perbedaannya adalah system yang di kembangkan Faraday bahwa kabel penghantar berada pada sisi luar bangunan dengan pertimbangan bahwa kabel penghantar juga berfungsi sebagai material penerima sambaran petir, yaitu berupa sangkar elektris atau biasa di sebut dengan *sangkar faraday*.

Pada dasarnya penangkal petir bukanlah alat yang rumit dan memiliki komponen yang kompleks. Penangkal petir hanyalah merupakan rangkaian jalur yang memiliki fungsi sebagai jalan bagi kilatan petir untuk menuju ke arah permukaan bumi, tanpa merusak benda-benda sekitar yang dilewatinya. Sistem penangkal petir semacam ini dianggap sebagai penangkal petir konvensional dan dikenal memiliki 3 bagian terutama, yakni batang penangkal petir, kabel konduktor serta tempat pembumian.

Untuk bagian batang penangkal petir biasanya berupa bahan tembaga yang didirikan tegak berdiri dengan ujung runcing. Ujung runcing tersebut bukan tanpa sebab dan alasan. Hal ini karena muatan listrik mempunyai sifat yang mudah berkumpul serta lepas pada ujung logam yang runcing. Selain itu ujung runcing batang mampu memperlancar proses tarik-menarik dengan muatan listrik pada awan. Batang ini sering dipasang pada bagian teratas bangunan gedung. Untuk bagian kedua adalah kabel konduktor. Masih sama yakni dengan bahan tembaga dan biasanya memiliki diameter jalinan sekitar 1 cm sampai 2 cm, tergantung kebutuhan.

Fungsi kabel konduktor tentu adalah untuk meneruskan aliran muatan listrik yang masuk ke batang muatan listrik ke tanah. Bagian ini sering terpasang dibagian luar dinding gedung. Untuk yang ketiga adalah tempat pembumian atau sering disebut dengan istilah Grounding. Fungsi Grounding adalah “mengubur” muatan listrik dari petir ke tanah. Itulah mengapa bagian Grounding sering

dipasang didalam tanah dengan bahan yang terbuat dari bahan tembaga berlapis baja.

2. Penangkal Petir Elektrostatis

Prinsip kerja penangkal petir elektrostatis mengadopsi sebagian system penangkal petir radio aktif, yaitu menambah muatan pada ujung finial/splitzer agar petir selalu memilih ujung ini untuk di sambar. Perbedaan dengan system radio aktif adalah jumlah energi yang dipakai. Untuk penangkal petir radio aktif muatan listrik dihasilkan dari proses hamburan zat berradiasi sedangkan pada penangkal petir elektrostatis energi listrik yang dihasilkan dari listrik awan yang menginduksi permukaan bumi.

Penangkal petir elektrostatis merupakan penangkal petir modern dengan menggunakan sistem E.S.E (Early Streamer Emision). Sistem E.S.E bekerja secara aktif dengan cara melepaskan ion dalam jumlah besar ke lapisan udara sebelum terjadi sambaran petir. Pelepasan ion ke lapisan udara secara otomatis akan membuat sebuah jalan untuk menuntun petir agar selalu memilih ujung terminal penangkal petir elektrostatis ini dari pada area sekitarnya. Dengan sistem E.S.E ini akan meningkatkan area perlindungan yang lebih luas dari pada sistem penangkal petir konvensional. Komponen ini telah mendapat rekomendasi dari dinas tenaga kerja karena tidak mengandung radiasi radio aktif yang dapat berbahaya bagi manusia yang berada disekitarnya.

Berbeda dengan penangkal petir konvensional yang bersifat pasif, penangkal petir elektrostatis bersifat aktif. Dikatakan demikian karena ujung terminal penangkal petir ditinggikan dalam jarak tertentu sehingga penangkal dapat dikatakan “seakan-akan menjemput petir”. Fungsinya yaitu memberikan perlindungan yang lebih besar dan berbentuk seperti payung dalam radius tertentu. Itulah mengapa penangkal petir elektrostatis juga disebut penangkal petir radius.

Cara kerja penangkal elektrostatis berbeda dengan penangkal konvensional. Penangkal elektrostatis menambahkan 1 elemen yang tidak ada di penangkal konvensional yaitu *head terminal*.



Gambar 2.5 Head terminal penangkal petir Elektrostatik

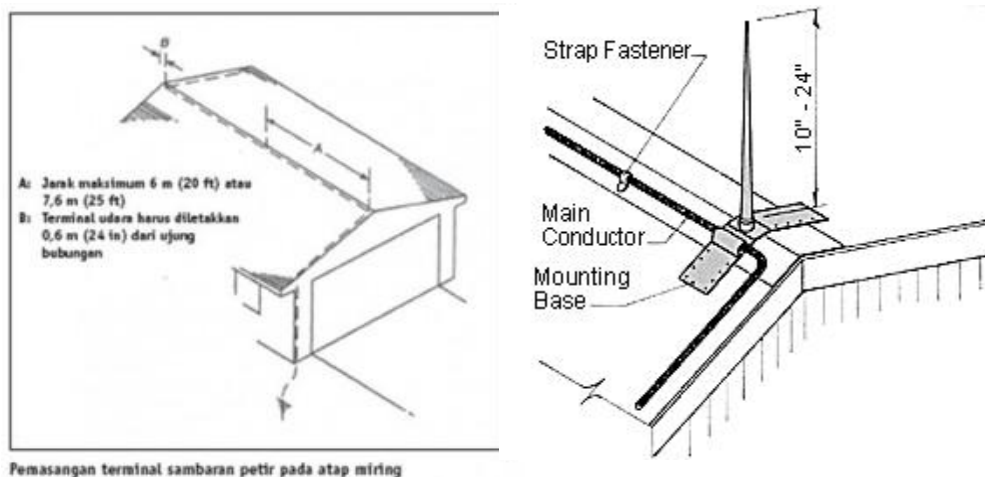
Cara kerjanya adalah dengan cara menambahkan muatan listrik statis di ujung finial (*splitzer*) sehingga head dapat menarik dan mengumpulkan ion-ion positif (+) dalam jumlah besar dari dalam bumi. Mekanisme selanjutnya ibarat magnet, head akan menarik ion-ion negative (-) di dalam awan sebelum ion-ion itu berkumpul makin banyak dan menghasilkan petir dengan kekuatan yang besar. Semakin tinggi head terminal dipasang maka semakin baik. Ada macam-macam merek head terminal namun yang digunakan dalam penelitian ini adalah merek Kurn R120-150.

2.2.2 Perbedaan Sistem Penangkal Petir Konvensional dan Penangkal Petir Elektrostatik

a. Penangkal Petir Konvensional

Membutuhkan volume kabel yang sangat banyak, daerah perlindungan terbatas, radius hanya 45 derajat. Cenderung lebih mahal biayanya jika diterapkan pada area perlindungan yang sangat luas, membutuhkan banyak splitzer di atas

struktur bangunan sebagai alat penerima sambaran, cenderung merusak estetika struktur bangunan yang akan dipasang. Berikut penjelasannya pada gambar 2.7



Gambar 2.6 Pemasangan Splitzer Untuk Penangkal Petir Konvensional

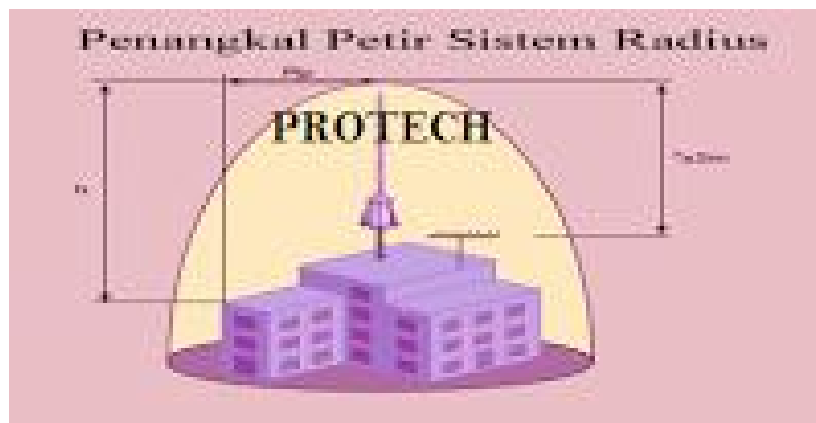
Secara perhitungan penangkal petir splitzen jenis konvensional jauh lebih mahal biayanya, karena disesuaikan oleh luas bangunan dan kebutuhan panjangnya kabel dan banyaknya jumlah penangkap petir yang akan dipasang pada atap bangunan, serta ada peluang tersambarnya dari petir jika tidak tepat dalam perhitungan pada jarak masing-masing splitzen. Resiko terjadinya atap bocor pada bangunan disetiap titik splitzer menjadi pertimbangan yang perlu diperhatikan.

Kemudian seperti pada bahasan diatas, dapat diketahui bahwa sistem penangkal petir konvensional bersifat pasif, alias menunggu untuk disambar kemudian menyalurkan seluruh energinya ke tanah. Kekurangan dari sistem pasif ini adalah kemampuannya yang terbatas untuk melindungi rumah atau bangunan yang ada. Bisa jadi petir menyambar sekeliling rumah dan induksi petirnya mengakibatkan bahaya seperti kebakaran, alat listrik rusak atau bahkan meledak.

b. Penangkal Petir Elektrostatik

Elektrostatik telah dikenal sejak abad ke-18 dan merupakan bagian tak ternilai dari fisika. Penangkal petir jenis elektrostatik banyak digunakan, karena pada sebelumnya penangkal petir jenis radioaktif sudah tidak diperbolehkan

dikarenakan oleh adanya bahaya radioaktif yang dapat mengganggu kesehatan lingkungan sekitar. Penggunaan penangkap petir jenis elektrostatik direkomendasikan karena praktis, mudah dan murah dalam perawatan serta pemasangannya. Dan yang paling penting tingkat jangkauan radius perlindungannya lebih luas.



Gambar 2.7 Sistem Perlindungan Penangkal Elektrostatik

Penangkal petir elektrostatik merupakan penangkal petir modern dengan menggunakan sistem E.S.E (Early Streamer Emission). Sistem E.S.E bekerja secara aktif dengan cara melepaskan ion dalam jumlah besar ke lapisan udara sebelum terjadi sambaran petir. Pelepasan ion ke lapisan udara secara otomatis akan membuat sebuah jalan untuk menuntun petir agar selalu memilih ujung terminal penangkal petir elektrostatik ini dari pada area sekitarnya. Dengan sistem E.S.E ini akan meningkatkan area perlindungan yang lebih luas dari pada sistem penangkal petir konvensional. Berikut ini adalah perbandingan penangkal petir elektrostatik dengan penangkal petir konvensional :

Tabel 2.7 Perbedaan Penangkal Petir Konvensional dan Elektrostatik

Penangkal Petir Konvensional	Penangkal Petir Elektrostatik
<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan banyak kabel • Daerah perlindungan terbatas, area 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak banyak membutuhkan komponen maupun kabel

<p>perlindungan hanya sebatas air terminal yang melekat pada bangunan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lebih mahal bila diterapkan untuk area perlindungan yang luas. • Membutuhkan banyak arde. • Membutuhkan banyak air terminal di atap • Akan memiliki kecenderungan mengganggu estetika bangunan rumah anda. • Bentuk ujung terminal yang runcing dalam jumlah banyak akan sangat berbahaya bagi petugas pemeliharaan gedung atau pekerja yang bekerja di atap. 	<ul style="list-style-type: none"> • Area perlindungan lebih luas antara 50-150 m • Lebih murah untuk area perlindungan yang luas • Pada umumnya hanya membutuhkan 1 arde. • Hanya membutuhkan 1 terminal untuk radius tertentu. • Perawatan dan pemasangan pada bangunan yang mudah. Merupakan pilihan yang tepat dan tidak mengganggu estetika bangunan anda. • Bertindak sebagai pencegah interferensi perangkat komunikasi anda. • Lebih aman bagi pekerja yang akan melakukan perawatan.
--	--

- Dari perbandingan diatas maka untuk area perlindungan luas antara radius 50-150 m penangkal petir elektrostatis merupakan pilihan yang tepat dan lebih murah dibandingkan penangkal petir konvensional. Berikut ini merupakan referensi bangunan bangunan yang menggunakan penangkal petir elektrostatis :
- Gedung-gedung bertingkat tinggi menengah dan rendah meliputi : Perkantoran, Rumah sakit, sekolah, universitas, hotel, gudang, pabrik, Mall, Ruko dan lain-lain.
- Instansi Militer meliputi : Kantor, tower telekomunikasi, gudang amunisi dan lain-lain.
- Sarana Ibadah : Bangunan masjid, Gereja, Vihara, Candi.

- Perumahan : Rumah tinggal, real estate.
- Sarana Olah raga : Lapangan golf, sepak bola, tenis dan lain-lain.
- Pertambangan : Tangki tangki, Gas station

2.2.3 Jenis-jenis *Down Conductor*

Down Conductor berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/*grounding*. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang.

Jenis-jenis bahan penghantar penyalur :

1. Kawat Tembaga (*BCC=Bare Cooper Cable*)
2. Aluminium (*AAC=All Aluminium Cable*)
3. Campuran Aluminium dan Baja (*ACSR=Aluminium Cable Steel Reinforced*)
4. Kawat baja yang diberi lapisan tembaga (*cooper weld*)
5. Aluminium Puntir Berisolasi (*Twisted wire*)
6. Kawat baja, dipakai pada kawat petir dan pertanahan

Dan untuk ukuran diameter atau luasan penampang konduktor khusus untuk konduktor yang akan digunakan pada penangkal petir ada persamaan yang dapat digunakan yaitu :

$$A_0 = I_0 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times S}{\log_{10} \left(\frac{T}{274} + 1 \right)}}$$

Dimana:

A_0 = Luas Penampang Minimum

I_0 = Arus Puncak Petir

S = Lamanya waktu sambaran petir

T = Temperatur Konduktor yang diijinkan

2.3 Penangkal Petir Elektrostatis Kurn R120-150

2.3.1 Teori Dasar Penangkal Elektrostatis



Gambar 2.8 Komponen Penangkal Petir KURN R120-150

Penangkal petir KURN banyak diminati, tidak ada salahnya tahu fungsi dalam komponen KURN. Ini membuktikan elektrostatis KURN handal, hingga mencapai radius proteksi 150 meter. Bukan pendapat tapi fakta penangkal petir lokal yang satu ini sudah harganya murah diantara yang lainnya juga berfungsi sesuai apa yang ditawarkan. Bagi yang masih meragukan produk ini bisa diperkuat oleh legal sertifikat pengujian LMK – PLN. Terdiri dari perbagian komponen berkualitas yang menyusun produk elektrostatis ini. Adapun penjelasan komponen KURN sebagai berikut.

1. Head Copper

Banyak kalangan instalatir penangkal petir menyebutnya split, tombak. Bentuk komponen ini seperti silinder dan runcing di salah satu ujungnya. Memiliki fungsi yang terutama sebagai penerima sambaran petir yang datang dari awan dan diteruskan ke bumi, dengan melewati hantaran penurunan. Head copper langsung terhubung dengan kabel penghantar penurunan dengan menggunakan join skoen yang berada dalam body air terminal KURN elektrostatis.

2. Disch Vertical

Untuk yang satu ini kami biasa menyebutnya dengan sirip, karena bentuknya yang pipih. Fungsi komponen ini untuk membantu disch horizontal menyalurkan muatan negatif untuk didistribusikan ke bumi melalui head copper. Disch vertical terpasang pada body bagian atas dekat dengan head copper dengan cara sekrup (screw).

3. Disch Horizontal

Sesuai dengan modelnya, disebut juga tanduk. Bentuk silinder L dengan sudut runcing di salah satu ujungnya. Memiliki kegunaan sebagai pengumpul muatan negative di daerah yang terproteksi dan dialirkan ke disch vertical, kemudian disalurkan ke head copper. Dipasang pada body terminal bagian tengah. Untuk pemasangannya tanduk yang runcing menghadap atas.

4. Body Terminal

Berfungsi sebagai isolator untuk mengurangi adanya induksi. Terdapat perangkat yang berfungsi mengaktifkan sistem elektrostatis. Bentuknya silinder dengan top bertingkat untuk pemasangan head copper, disch vertical dan disch horizontal. Terbuat dari material solid dan keras tapi bersifat isolator. Seluruh item di atas merupakan komponen yang biasa terpasang jadi satu pada penangkal petir elektrostatis KURN.

Khusus untuk penyusunan tugas akhir ini dipakai tipe KURN R120-150. Dimana artinya penangkal petir elektrostatis ini dapat melindungi bangunan dan area sekitarnya dalam radius 150 meter.

2.4 Sistem Pentanahan

2.4.1 Teori Dasar Sistem Pentanahan

Sistem pembumian (*grounding system*) adalah suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk melepaskan arus petir ke dalam bumi, salah satu kegunaannya untuk melepas muatan arus petir. Tingkat kehandalan sebuah *grounding* ada di nilai konduktivitas logam terhadap tanah yang ditancapinya. Semakin konduktif tanah terhadap benda logam, maka semakin baik. Kelayakan

grounding harus bisa mendapatkan nilai tahanan sebaran maksimal 5 ohm (PUIL 2000 : 68) dengan menggunakan *earth ground tester*. Namun begitu, untuk daerah yang resistans jenis tanahnya sangat tinggi, resistans pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 ohm (PUIL 2000 : 68).

Untuk mencapai nilai tahanan sebaran tersebut, tidak semua area bisa terpenuhi karena ada beberapa aspek yang memengaruhinya, yaitu:

1. Kadar air; bila air tanah dangkal/penghujan, maka nilai tahanan sebaran mudah didapatkan sebab sela-sela tanah mengandung cukup air bahkan berlebih, sehingga konduktivitas tanah akan semakin baik.
2. Mineral/garam; kandungan mineral tanah sangat memengaruhi tahanan sebaran/resistans karena: semakin berlogam dan bermineral tinggi, maka tanah semakin mudah menghantarkan listrik. Daerah pantai kebanyakan memenuhi ciri khas kandungan mineral dan garam tinggi, sehingga tanah sekitar pantai akan jauh lebih mudah untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah.
3. Derajat keasaman; semakin asam (PH rendah atau $PH < 7$) tanah, maka arus listrik semakin mudah dihantarkan. Begitu pula sebaliknya, semakin basa (PH tinggi atau $PH > 7$) tanah, maka arus listrik sulit dihantarkan. Ciri tanah dengan PH tinggi: biasanya berwarna terang, misalnya Bukit Kapur.
4. Tekstur tanah; untuk daerah yang bertekstur pasir dan berpori (*porous*) akan sulit untuk mendapatkan tahanan sebaran yang baik karena jenis tanah seperti ini: air dan mineral akan mudah hanyut dan tanah mudah kering.

Salah satu hal yang cukup menentukan nilai tahanan tanah adalah Sifat Geologi tanah. Ini merupakan faktor utama yang menentukan tahanan jenis tanah. Bahan dasar dari pada tanah relatif bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis terendah, sedang batu-batuan dan quartz bersifat sebagai insulator. Tahanan pentanahan merupakan hal yang tidak boleh diabaikan dalam pemasangan jaringan instalasi listrik . Pentanahan yang kurang baik tidak hanya membuang-buang waktu saja, tetapi pentanahan yang kurang

baik juga berbahaya dan meningkatkan resiko kerusakan peralatan. Tanpa sistem pentanahan yang efektif, maka akan dihadapkan pada resiko sengatan listrik, disamping itu juga mengakibatkan kesalahan instrumen, distorsi harmonik, masalah faktor daya dan delima kemungkinan adanya intermitten. Jika arus gangguan tidak mempunyai jalur ke tanah melalui sistem pentanahan yang di desain dan dipelihara dengan baik, arus gangguan akan mencari jalur yang tidak diinginkan termasuk manusia.

Sebaliknya, pentanahan yang baik tidak hanya sekedar untuk keselamatan; tetapi juga digunakan untuk mencegah kerusakan peralatan industri. Sistem pentanahan yang baik akan meningkatkan reliabilitas peralatan dan mengurangi kemungkinan kerusakan akibat petir dan arus gangguan. Milyaran uang telah hilang tiap tahunnya di tempat kerja karena kebakaran akibat listrik. Kerugian-kerugian di atas tidak termasuk biaya pengadilan dan hilangnya produktivitas individu dan perusahaan.

Tabel dibawah ini menunjukkan harga-harga () dari berbagai jenis tanah.

Tabel 2.8 Nilai Tahanan Jenis Tanah

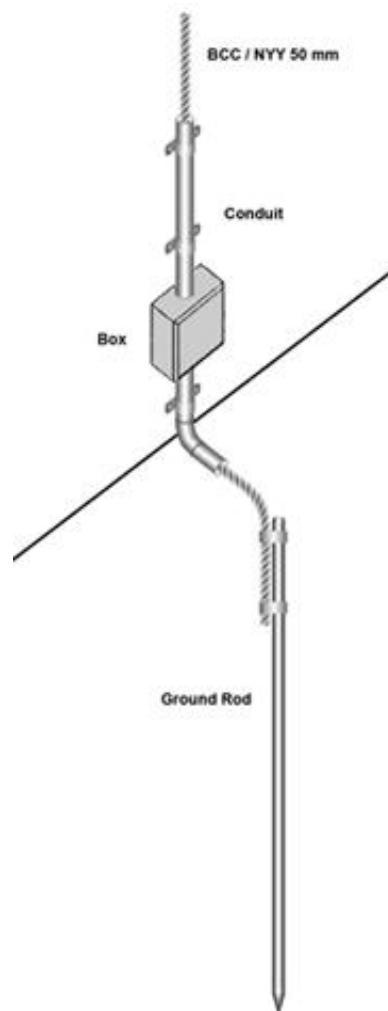
No	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)
1	Tanah yang mengandung air garam	5-6
2	Rawa	30
3	Tanah Liat	100
4	Pasir Basah	200
5	Batu-batu kerikil basah	500
6	Pasir dan batu kerikil kering	1000
7	Batu	3000

Kandungan zat – zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula.

Didaerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut.

Sistem pembumian dapat dibuat dalam 3 bentuk, di antaranya:

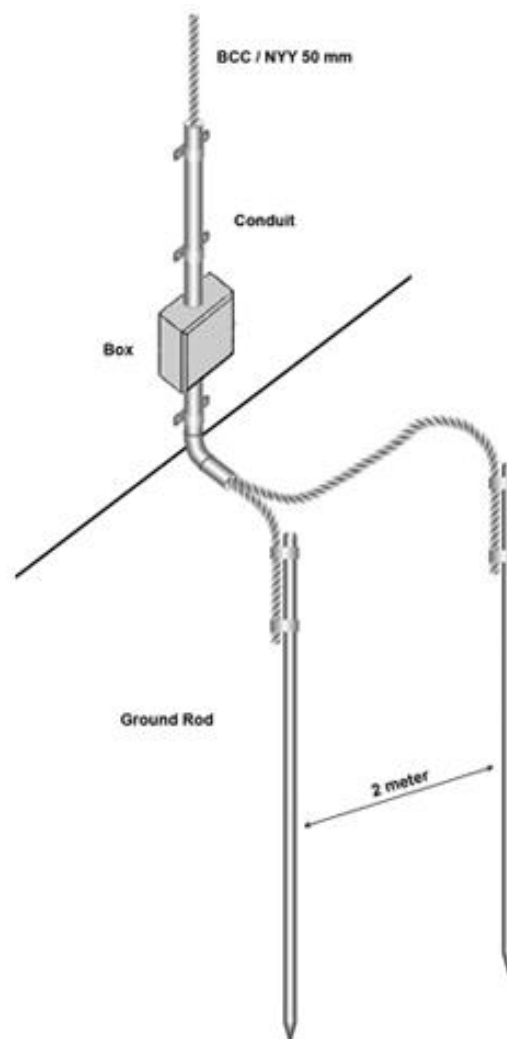
1. *Single Grounding Rod*



Gambar 2.9. Single Grounding Rod

Grounding system yang hanya terdiri atas satu buah titik penancapan batang (*rod*) pelepas arus atau *ground rod* di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu buah *ground rod*.

2. Paralel Grounding Rod

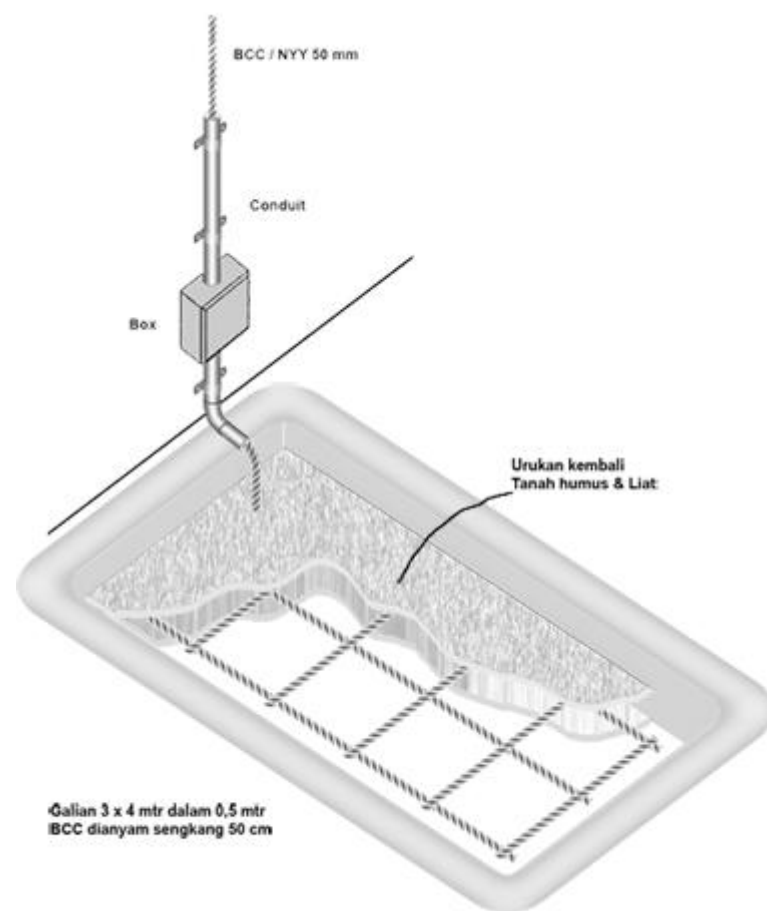


Gambar 2.10. Paralel Grounding Rod

Jika sistem *single grounding rod* masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran >5 ohm), maka perlu ditambahkan *ground rod* ke dalam tanah

yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan *ground rod* dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam. Kedua teknik ini bisa diterapkan secara bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan *earth ground tester*.

3. Multi Grounding System



Gambar 2.11. Multi Grounding System

Bila didapati kondisi tanah yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. kering atau air tanah dalam
2. kandungan logam sedikit

3. basa (berkapur)
4. pasir dan berpori (*porous*).

Maka penggunaan 2 cara sebelumnya akan sulit dan besar kemungkinan gagal untuk mendapatkan resistans kecil. Maka dari itu, teknis yang digunakan adalah dengan cara penggantian tanah dengan tanah yang mempunyai sifat menyimpan air atau tanah yang kandungan mineral garam dapat menghantar listrik dengan baik. *Ground rod* ditancapkan pada daerah titik logam dan di kisaran kabel penghubung antar *ground rod*-nya. Tanah humus, tanah dari kotoran ternak, dan tanah liat sawah cukup memenuhi standar hantar tanah yang baik. Adapun cara pembuatannya adalah sebagai berikut.

- Letak titik *ground rod* dibor dengan lebar kisaran 2 inci (0,0508 meter) atau lebih.
- Kemudian, diisi dengan tanah humus sampai penuh.
- Kemudian, diisi air.
- Kemudian, *ground rod* dimasukkan.
- Parit penghubung antar *ground rod* yang sudah terpasang kabel penghubung (BC) ditimbun kembali dengan tanah humus.

Ada beberapa variabel yang dapat memengaruhi performa *grounding system* pada jaringan listrik. Salah satu yang menjadi acuan, yaitu NEC code (1987, 250-83-3), mensyaratkan panjang elektroda *grounding system* minimum 2,5 meter (8 kaki) dihubungkan dengan tanah. Ada empat variabel yang memengaruhi tahanan *grounding system*. Adapun empat variabel tersebut adalah sebagai berikut.

1. Panjang/Kedalaman Elektroda

Satu cara yang sangat efektif untuk menurunkan tahanan tanah adalah memperdalam elektroda. Tanah tidak tetap tahanannya dan tidak dapat diprediksi. Maka dari itu, ketika memasang elektroda, elektroda berada di bawah garis beku (*frosting line*). Ini dilakukan sehingga tahanan tanah tidak akan dipengaruhi oleh

pembekuan tanah di sekitarnya. Secara umum, menggandakan panjang elektroda bisa mengurangi tingkat tahanan 40%.

Ada kejadian-kejadian di mana secara fisik tidak mungkin dilakukan pendalaman batang elektroda di daerah-daerah yang terdiri atas batu, granit, dan sebagainya. Dalam keadaan demikian, metode alternatif yang dapat digunakan adalah *grounding cement*.

2. Diameter Elektroda

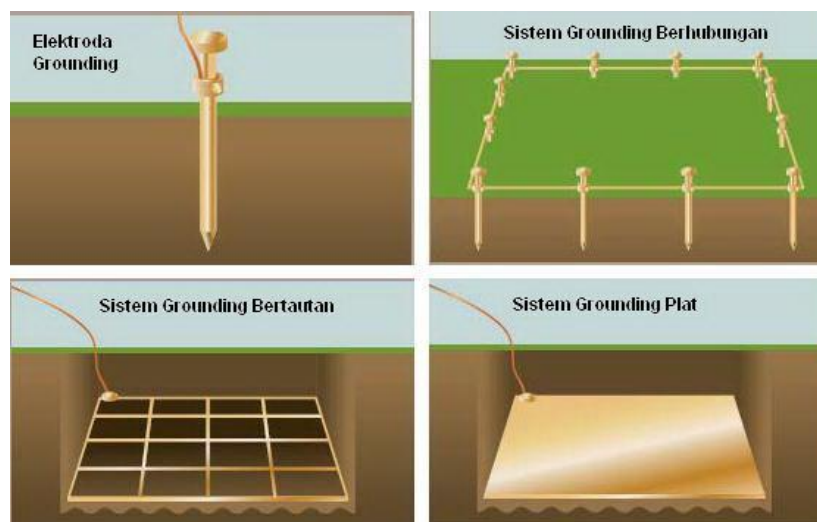
Menambah diameter elektroda berpengaruh sangat kecil dalam menurunkan tahanan. Misalnya, bila diameter elektroda digandakan, maka tahanan *grounding system* hanya menurun sebesar 10%.

3. Jumlah Elektroda

Cara lain menurunkan tahanan tanah adalah dengan menggunakan banyak elektroda. Dalam desain ini, lebih dari satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah dan dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan tahanan yang lebih rendah. Agar penambahan elektroda efektif, jarak batang tambahan setidaknya harus sama dalamnya dengan batang yang ditanam. Tanpa pengaturan jarak elektroda yang tepat, bidang pengaruhnya akan berpotongan dan tahanan tidak akan menurun.

4. Desain

Grounding system sederhana terdiri atas satu elektroda yang dimasukkan ke dalam tanah. Penggunaan satu elektroda adalah hal yang umum dilakukan dalam pembuatan *grounding system* dan bisa ditemukan di luar rumah atau tempat usaha perorangan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.12 Desain Sistem Pentanahan (*Grounding System*)

2.4.2 Karakteristik Sistem Pentanahan yang Efektif

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

- Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidahkaidah tertentu.
- Verifikasi secara visual dapat dilakukan.
- Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
- Semua komponen metal harus ditahan/diikat oleh sistem pentanahan, dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

Berikut adalah penggunaan pentanahan dalam aplikasi proteksi

- Karena gejala alami, seperti kilat, tanah digunakan untuk membebaskan sistem dari arus sebelum personil atau pelanggan dapat terluka atau komponen sistem yang peka dapat rusak karena adanya arus kejutan yang ditimbulkan oleh petir.
- Karena potensial dalam kaitan dengan kegagalan sistem tenaga listrik dengan kembalian tanah, tanah membantu dalam memastikan operasi yang cepat menyangkut relay proteksi sistem daya dengan menyediakan jalan arus tahanan rendah tambahan. Jalan tahanan rendah menyediakan

tujuan untuk mengeluarkan potensial secepat mungkin. Tanah harus mengalirkan potensial sebelum personil terluka atau sistem telepon rusak.

Dan berikut ini adalah bagian-bagian yang harus ditanahkan :

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah:

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
- c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
- d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkan agar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang (dalam tanah).

Dalam system pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa patoakan standart

yang telah disepakati adalah bahwa saluran transmisi substansi harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1 untuk digunakan pada aplikasi data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5 pada gedung. Kisikisi pentanahan tergantung pada kerja ganda dan pasak yang terhubung.

Dari segi besarnya nilai tahanan bahan yang dipakai pasak tidak mengurangi besar tahanan pentanahan sistem namun mempunyai fungsi tersendiri yang penting. Bahannya sendiri mempunyai harga impedansi awal beberapa kali lebih tinggi daripada harga tahanannya terhadap tanah pada frekuensi rendah. Bahan pentanahan dimaksudkan untuk mengontrol dalam batas aman sesuai peralatan yang digunakan, sedangkan pasak adalah batang sederhana, hal ini penyebab utama jatuhnya tahanan tanah dalam gradient tegangan yang tinggi pada permukaan pasak.

Sebagai akibat dari sifat ini maka pasak harus ditempatkan didekat atau sekitar bangunan stasion. Dalam saluran tegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapat ditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25 ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan antara lain dengan :

- a. Sistem batang paralel
- b. Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukan terhadap kondisi kimiawi tanah.
- c. Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan beton rangka baja yang secara listrik terhubung.

2.4.3 Alat Mengukur Resistansi Tanah

Adapun beberapa macam alat yang digunakan untuk mengukur resistansi tanah dijelaskan sebagai berikut :

1. Alat Ukur Resistansi / *Earth Ground Tester*

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui hasil dari resistans atau tahanan *grounding system* pada sebuah instalasi penangkal petir yang telah terpasang. Alat

ukur ini digital, sehingga hasil yang ditunjukkan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Diketahui bahwa pihak Dinas Tenaga Kerja (disnaker) juga menggunakan alat ini untuk mengukur resistans, sehingga pengukuran oleh pihak kontraktor sama dengan hasil pengukuran pihak disnaker.

2. *Bus Bar Grounding*

Alat ini digunakan sebagai titik temu antara kabel penyalur petir dengan kabel *grounding*. Biasanya terbuat dari plat tembaga atau logam yang berfungsi sebagai konduktor, sehingga kualitas dan fungsi instalasi penangkal petir yang terpasang dapat terjamin.

3. *Copper Butter Connector*

Alat ini digunakan untuk menyambung kabel, dan biasanya kabel yang disambung pada instalasi penangkal petir adalah kabel *grounding system*, karena kabel penyalur pada penangkal petir tidak boleh terputus atau tidak boleh ada sambungan. Setelah kabel tersambung oleh alat ini tentunya harus diperkuat dengan isolasi sehingga daya rekat dan kualitas sambungannya dapat terjaga dengan baik. Penyambungan kabel instalasi penyalur petir konvensional umumnya menggunakan alat ini, karena pada penangkal petir konvensional jalur kabel terbuka hanya dilindungi oleh tingkah laku (*conduct*) dari PVC.

4. *Ground Rod Drilling Head*

Alat ini berfungsi untuk membantu mempercepat pembuatan *grounding* suatu instalasi penangkal petir, yaitu dengan cara memasang di bagian bawah *copper rod* atau *ground rod* yang akan dimasukkan ke dalam tanah, sehingga *copper rod* atau *ground rod* tersebut: ketika didorong ke dalam tanah akan cepat masuk karena bagian ujung alat ini runcing. Selain itu, alat ini juga dapat menghindari kerusakan *copper rod* ketika dipukul ke dalam tanah.

5. *Ground Rod Drive Head*

Alat ini dipasang di bagian atas *copper rod* atau *ground rod* dan berfungsi untuk menghindari kerusakan *copper rod* atau *ground rod* bagian atas yang akan dimasukkan ke dalam tanah. Hal tersebut karena: pada saat *copper rod* didorong ke dalam tanah dengan cara dipukul, alat pemukul tersebut tidak mengenai *copper rod*, akan tetapi mengenai alat ini.

6. Bentonit

Dalam aplikasi *grounding system*, bentonit digunakan untuk membantu menurunkan nilai resistans atau tahanan tanah. Bentonit digunakan saat pembuatan *grounding* (jika sudah tidak ada cara lain untuk menurunkan nilai resistans). Pada umumnya, para kontraktor cenderung memilih menggunakan cara *pararel grounding rod* atau *multi grounding system* untuk menurunkan resistans.

7. *Ground Rod Coupler*

Alat ini digunakan ketika kita akan menyambung beberapa segmen *copper rod* atau *ground rod* yang dimasukkan ke dalam tanah, sehingga *copper rod* atau *ground rod* yang masuk ke dalam tanah akan lebih panjang. Misalnya, ketika kita akan membuat *grounding* penangkal petir sedalam 12 meter dengan menggunakan *copper rod*, maka alat ini sangat diperlukan karena *copper rod* yang umumnya ada dipasaran paling panjang hanya 4 meter.

Resistivitas tanah (Soil Resistivity) paling penting dalam menentukan desain sistem pentanahan untuk instalasi baru (aplikasi lapangan hijau) guna memenuhi syarat tahanan tanah. Idealnya, harus menemukan lokasi dengan tahanan tanah serendah mungkin. Tapi seperti yang dibahas sebelumnya, kondisi tanah yang buruk bisa diatasi dengan sistem pentanahan yang lebih rumit. Komposisi tanah, kandungan embun, dan suhu mempengaruhi tahanan tanah.

Tanah jarang bersifat homogen dan tahanan tanah akan sangat berbeda secara geografis dan pada kedalaman tanah berbeda. Kandungan uap berubah berdasarkan musim, berbeda-beda menurut sifat sub lapisan tanah, dan kedalaman

posisi air permanen. Karena tanah dan air umumnya lebih stabil ditempat yang lebih dalam,direkomendasikan agar batang pentanahan ditempatkan sedalam mungkin di dalam tanah, pada permukaan air tanah jika memungkinkan. Juga, batang pentanahan harus dipasang ditempat yang suhunya stabil, yaitu di bawah garis beku. Agar sistem pentanahan efektif, maka harus dirancang agar tahan pada kondisit erburuk

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah studi pustaka dan pembuatan alat. Dengan permasalahan yang terjadi di lapangan (Kampus Politeknik Negeri Manado), maka dilakukan penelitian berupa studi pustaka untuk mendapatkan bahan-bahan yang cocok untuk digunakan kemudian menerapkannya dalam perencanaan dan pembuatan sistem penangkal petir.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di samping Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, dengan waktu penelitian selama 2 bulan dari Juli-Agustus 2015.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk memperoleh data yang akan diteliti adalah seperti berikut ini :

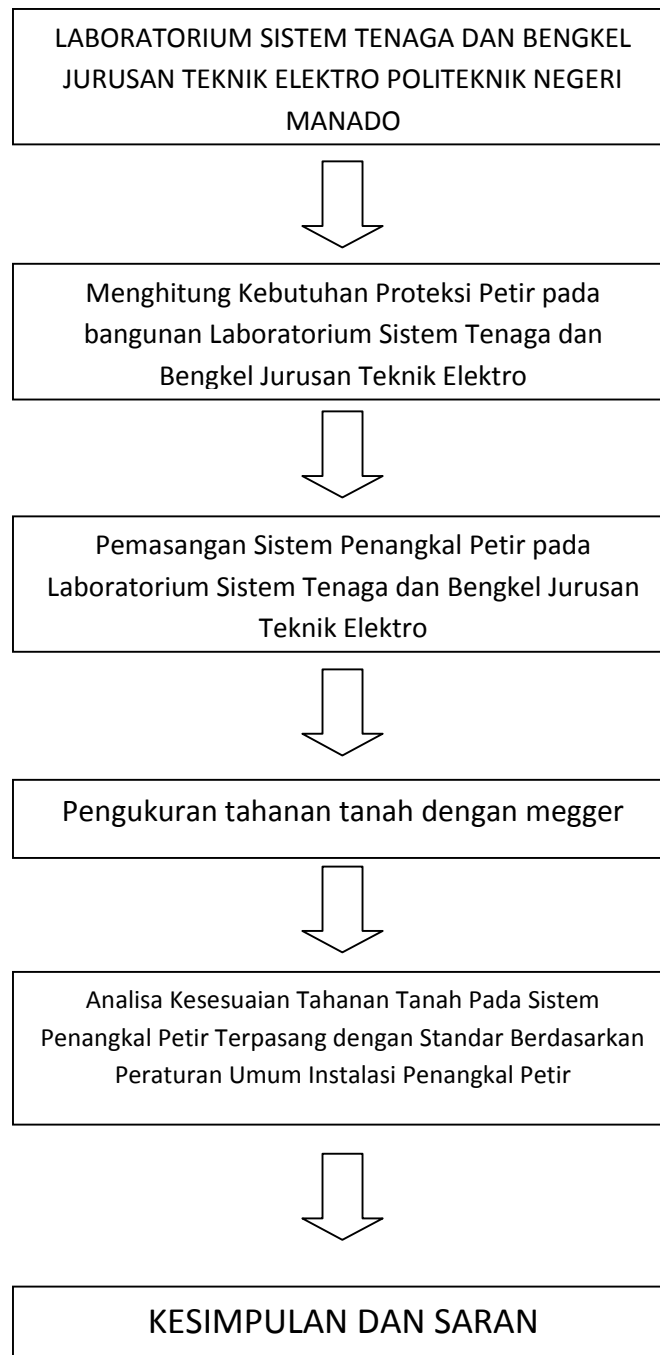
3.3.1 Metode Studi Pustaka

Metode ini digunakan untuk mencari referensi bahan-bahan serta cara untuk merencanakan serta mengapikasinya dalam pembuatan sistem penangkal petir berdasarkan PUIPP dan PUIL 2000.

3.3.2 Pembuatan Sistem Penangkal Petir

Setelah studi pustaka dilakukan, maka yang selanjutnya dikerjakan adalah perencanaan dan pembuatan sistem penangkal petir yang kemudian diikuti dengan pengujian tahanan tanah apakah sudah memenuhi syarat atau belum.

Alur Kerja dalam Perencanaan dan Pembuatan Sistem Penangkal Petir di
Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Proteksi Petir

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir berdasarkan PUIPP yaitu dengan menggunakan data hari guruh dan indeks seperti pada tabel 2.1 sampai tabel 2.5 maka untuk bangunan kampus diperoleh :

Indeks A : 3 (Bangunan yang berisi banyak sekali orang misalnya bioskop, sekolah, sarana ibadah dan monument bersejarah yang penting)

Indeks B : 2 (Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi atap bukan logam)

Indeks C : 2 (Tinggi bangunan sekitar 12 meter)

Indeks D : 0 (Di tanah datar pada semua ketinggian)

Indeks E : 8 (Hari guruh per tahun didapat 100)

Maka dari indeks diatas perkiraan bahaya sambaran petir (R) adalah :

$$R = \text{Indeks A} + \text{Indeks B} + \text{Indeks C} + \text{Indeks D} + \text{Indeks E}$$

$$R = 3 + 2 + 2 + 0 + 8 = 15$$

Perkiraan bahaya sambaran petir adalah 15, sebagai persyaratan $R > 14$ Dari tabel 2.6 maka dapat diambil kesimpulan bahwa bangunan ini sangat memerlukan proteksi petir. Mengingat kebutuhan proteksi petir yang tinggi dan juga mengingat untuk keamanan barang-barang elektronik serta mahasiswa, dosen dan pegawai yang beraktivitas dalam Lab Sistem Tenaga & Bengkel ini maka sistem penangkal petir yang tadinya tidak berfungsi lagi dimaksudkan untuk dipasang kembali.

4.2 Pemasangan Sistem Penangkal Petir Elektrostatis KURN R120-150

- Untuk pemasangan sistem penangkal petir ini, maka yang diperlukan adalah Head Terminal merk KURN tipe R120-150 dengan spesifikasi dan komponen seperti yang dijelaskan diatas.
- Untuk konduktor penyalur dipilih kabel AAC diameter 50mm² dengan pertimbangan sebagai berikut :

$$A_0 = I_0 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times S}{\log_{10} \left(\frac{T}{274} + 1 \right)}}$$

Dimana:

A₀ = Luas Penampang Minimum

I₀ = Arus Puncak Petir

S = Lamanya waktu sambaran petir

T = Temperatur Konduktor yang diijinkan

Kemudian berdasarkan data-data yang diketahui, maka didapat nilai :

I₀ = 5KA – 220 KA (diambil nilai paling besar untuk keamanan 220KA

S = 0,01 menit

Berdasarkan data dari Badan Metereologi, Klimatologi dan Geofisika, khususnya dari Stasiun Geofisika Kelas I Winangun, diketahui sambaran petir terjadi maksimum pada 2 tahun belakangan ini terbanyak terjadi sekitar 1500 sambaran dalam jangka waktu 15 menit. Maka jika dicari nilai rata-ratanya didapat nilai $S = \frac{15 \text{menit}}{1500} = 0,01 \text{ menit}$.

T = 240° C

Kabel konduktor jenis aluminium yang digunakan dalam dunia instalasi listrik pada dasarnya memiliki temperature batas kerja yang diijinkan sebesar 90° celcius. Namun dengan berkembangnya waktu dan ilmu pengetahuan, kabel berbahan dasar aluminium telah dimodifikasi sehingga temperature batas kerjanya meningkat hingga 240° celcius.

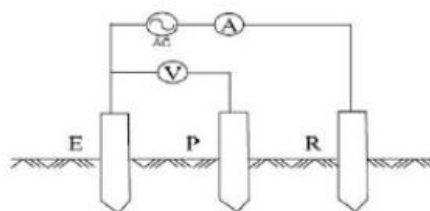
$$\begin{aligned}
 A_0 &= I_0 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times 5}{\log_{10}\left(\frac{r}{274} + 1\right)}} \\
 A_0 &= 220 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times 0,01}{\log_{10}\left(\frac{240}{274} + 1\right)}} \\
 A_0 &= 220 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-8}}{1,87}} \\
 A_0 &= 220 \times 10^3 \times 2,13 \times 10^{-4} \\
 A_0 &= 46,90 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan didapatkan lebih kecil, maka diketahui bahwa jika luas penampang kabel atau kawat yang diperoleh dari perhitungan tidak ada maka dapat digunakan kawat atau kabel dengan luas penampang yang mendekati hasil perhitungan dan tidak diizinkan lebih kecil dari hasil perhitungan. Menurut diameter dari penangkal petir yang digunakan maka luas penampang penghantar turun yang cocok untuk penangkal petir ini adalah 50 mm^2

- Kemudian selanjutnya, sistem pentanahan yang dikerjakan untuk disambungkan dengan head terminal penangkal petir ini adalah jenis *Single Grounding Rod*. Dengan menggunakan *steek* baja, dengan panjang *steek* 2 meter dan diameter $\frac{3}{4}$ inci

4.3 Pengukuran Tahanan Tanah

Metode tiga titik (three-point method) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pembumian. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pengentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Rangkaian Pengukuran Tahanan dengan Metode 3 Titik

Untuk mengetahui apakah suatu tahanan pembumian sesuai dengan standar, maka diperlukan pengukuran tahanan pembumian tersebut. Pengukuran tersebut atas beberapa jenis yang secara menyeluruh disebut sebagai pengukuran tahanan pembumian. Pengukuran yang disebut diatas adalah pengukuran tahanan pembumian yang bertujuan mengetahui besarnya tahanan pembumian.

Alat yang digunakan untuk mengukur tahanan tanah pada sistem grounding ini adalah dengan menggunakan *Earth Resistance Tester tipe SEW Standart 2120 ER* dengan pengukuran maksimum sampai 2000 ohm.



Gambar 4.2 *Earth Resistance Tester tipe SEW Standart 2120 ER*

Sistem pengukurannya adalah sebagai berikut :

- Rangkaian alat ukur pembumian
- Mempersiapkan alat ukur dan bahan.
- Mengecek tegangan baterai dengan menghidupkan digital earth resistance tester. Jika layar bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik, jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
- Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar dengan menjepit elektroda utama yang diuji dan menanamkan elektroda bantu. Menanamkan elektroda bantu dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil, jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan menanamkan elektroda

- Menentukan jarak elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter
- Pengukuran tegangan tanah dengan mengarahkan range switch ke earth voltage bernilai lebih tinggi dari 10 V di perkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pembumian
- Mengecek penghubungan dan penjepitan pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting “ PRESS TO TEST “ jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol “.....“ yang berkedip-kedip yang perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
- Melakukan pengukuran. Mensetting range switch ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol “ PRESS TO TEST “ selama beberapa detik
- Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari digital earth resistance tester.
- Mengembalikan posisi tombol “PRESS TO TEST “ ke posisi awal.

4.4 Analisa Perhitungan Sistem Pentanahan Paralel

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat megger, maka didapat nilai tahanan tanah sebesar 11,39 ohm. Dimana yang disyaratkan menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir, tahanan tanah untuk sistem penangkal petir yang baik seharusnya nol. Namun dengan kondisi yang ada juga tidak mungkin mendapat nilai nol, maka ditoleransi menjadi harus <1ohm.

Salah satu cara untuk menurunkan nilai tahanan tanah adalah dengan menambah jumlah steek terpasang, dan kemudian steek tersebut dipasang secara parallel.

Maka untuk mendapatkan jumlah berapa steek yang harus dipasang sehingga bisa memenuhi syarat <1ohm dapat digunakan rumus :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Dimana R total adalah nilai hambatan total setelah steek diparalel, dan Rn menunjukkan nilai tahanan pada jumlah steek kesekian yang terpasang.

Dengan asumsi bahwa nilai hambatan yang akan diukur akan mendapat nilai yang sama atau hampir sama pada setiap titik pengukuran, dengan cara substitusi dan coba-coba dapat dihitung seperti dibawah ini :

Misalnya diambil nilai n = 8

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{8}{11,39} = 1,423 \text{ ohm} > 1 \text{ (belum memenuhi syarat)}$$

Misalnya diambil nilai n = 10

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39}$$

$$+ \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{10}{11,39} = 1,14 \text{ohm} > 1 \text{ (belum memenuhi syarat)}$$

Misalnya diambil nilai n = 12

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39}$$

$$+ \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39} + \frac{1}{11,39}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{12}{11,39} = 0,94 \text{ohm} < 1 \text{ (Memenuhi syarat)}$$

Jadi untuk mendapatkan nilai tahanan tanah yang memenuhi syarat, harus ditambah menjadi 12 steek rod yang dipasang secara parallel.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan tinjauan pustaka dan perencanaan serta pembuatan sistem penangkal petir pada Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado, maka dapat disimpulkan:

1. Menurut indeks kebutuhan proteksi petir pada Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir maka didapat nilai R (perkiraan besarnya sambaran petir) sebesar 15 (>14). Dan menurut persyaratan jika didapat nilai >14 maka bangunan tersebut dinilai sangat membutuhkan proteksi petir.
2. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai A_0 atau luasan penampang konduktor minimal yang harus digunakan jika menggunakan kabel jenis AAC (*Aluminium*) adalah sebesar $46,90\text{mm}^2$. Karena diameter kabel yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari hasil perhitungan maka dipilih kabel dengan diameter paling mendekati yaitu 50mm^2 . Elektroda yang digunakan untuk sistem pentanahannya adalah elektroda batang jenis baja dengan panjang 2 meter ditancapkan kedalam tanah dan diameternya $\frac{3}{4}$ inci. Sistem penangkal petir yang direncanakan dan diterapkan pada Laboratorium Sistem Tenaga dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado adalah jenis penangkal elektrostatis, dengan jenis head terminal yang digunakan adalah Merk KURN tipe R120-150 dan memiliki radius proteksi sejauh 120-150 meter.
3. Sistem pentanahan Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado terpasang adalah sistem pentanahan *Single Grounding* yang dengan pengukuran menggunakan megger didapat nilai tahanan tanah sebesar 11,39 ohm. Oleh karena nilai tahanan

tanah sebesar 11,39 ohm ini tidak memenuhi syarat yaitu harus $<1\text{ohm}$ maka harus ditambah jumlah steek terpasang. Dan berdasarkan hasil perhitungan sistem pentanahan secara parallel dengan persamaan yang ada didapat jumlah steek yang harus diparalelkan adalah sebanyak 12 steek. Dengan diparalelkan 12 steek akan didapat nilai tahanan tanah sebesar 0,94ohm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan kesimpulan pada perencanaan dan pembuatan sistem penangkal petir di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, ternyata sistem pentanahan yang terhubung dengan head terminal penangkal petir ini tidak memenuhi syarat. Maka disarankan untuk menambah jumlah steek road yang nantinya dipasang secara parallel untuk memperkecil nilai tahanan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

F.Suryanto, 2005. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Penerbit Bina cipta adiaksara. Jakarta.

Ganti Depari, M.Pd, 2003. *Keterampilan Listrik*. Penerbit M2S Anggota IKAPI. Bandung.

Trevol Linsley, *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*. Penerbit Erlangga, Jl.H.Baping Raya No.100 Cilacap, Jakarta 13740.

Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).

Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)